

**PERAN REVEGETASI TERHADAP RESTORASI TANAH PADA LAHAN
REHABILITASI TAMBANG BATUBARA DI DAERAH TROPIKA**
(*Role of Revegetation on the Soil Restoration in Rehabilitation Areas of Tropical Coal Mining*)

**Cahyono Agus^{*,1}, Eka Pradipa¹, Dewi Wulandari¹, Haryono Supriyo¹, Saridi²
dan Dody Herika²**

¹Fakultas Kehutanan UGM Yogyakarta 55281 Indonesia, Jl. Agro No.1 Bulaksumur Yogyakarta

²PT Berau Coal, Jl. Pemuda No. 40. Tg. Redeb. 77311, Kalimantan Timur, Indonesia

*Penulis korespondensi. Tel.: 0274-6491402; Fax.: 0274-497717;

Email: cahyonoagus@gadjahmada.edu

Diterima: 12 November 2013

Disetujui: 13 Februari 2014

Abstrak

Pertambangan batubara terbuka menyebabkan degradasi lahan, sehingga perlu upaya rehabilitasi lahan melalui program revegetasi. Penelitian dilakukan di areal PT. Berau Coal pada *site* Binungan, Lati dan Sambarata, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur, Indonesia. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap ber-blok dengan umur revegetasi sebagai perlakuan, tiga kali ulangan dan tiga *site* sebagai blok. Pemilihan lokasi menggunakan metode *purposif sampling* yaitu pengambilan sampel yang didasarkan pada pertimbangan pada umur pengolahan lahan revegetasi, meliputi S1 : area hutan sebelum ditambang (rona awal), S2 : revegetasi awal, umur tanaman < 1 tahun, S3 : revegetasi menengah, umur tanaman 3 tahun, dan S4: revegetasi lanjut, umur tanaman > 5 tahun. Pengambilan sampel tanah pada kedalaman 0–20 dan 20-40 cm pada setiap perlakuan di ketiga lokasi, selanjutnya dianalisis sifat fisik dan kimianya. Tanah Typic Hapludult pada lahan hutan sebelum ditambang batubara secara terbuka (S1, rona awal) mempunyai kadar C-organik (1,87 %), N-total (0,14 %), P-tersedia (31,40 ppm), K-tertukar (0,11 me/100g), pH (3,98), KTK (10,72 me/100g) dan kejenuhan basa (17 %). Penambangan terbuka batubara telah menyebabkan lapisan bawah dan permukaan tanah menjadi terbongkar dan terjadi penurunan kualitas tanah yang sangat drastis. Penimbunan lahan dengan media tanah permukaan sebelumnya, telah cukup mampu memperbaiki sifat-sifat tanah tertambang namun belum sesuai sebagai media pertumbuhan, serta sangat rentan terhadap degradasi lahan lebih lanjut. Revegetasi menggunakan tanaman pionir, cepat tumbuh dan adaptif seperti Sengon, Akasia, Sungkai, Melina, Angsana, Jarak serta *Legume Cover Crop* (LCC) pada area bekas tambang batubara memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan kandungan C-organik, N-total dan pH tanah. Revegetasi menggunakan spesies cepat tumbuh setelah berumur 5 tahun telah mengembalikan bahkan memperbaiki sifat kimia tanah dibanding dengan kondisi pada hutan tropika basah sebelum dilakukan penambangan terbuka.

Kata kunci : degradasi lahan, penambangan terbuka, rehabilitasi lahan, revegetasi, tropika.

Abstract

Open coal mining causes land degradation, so they need land rehabilitation through re-vegetation programs. The study was conducted in the PT Berau Coal area of Binungan, Lati and Sambarata site, Berau regency, East Kalimantan, Indonesia. Research using a randomized completely block design with the age of re-vegetation as treatments, three replication and three sites as blocks. Sampling unit was selected using a purposive sampling method that is based on the re-vegetation management, including S1: forest area without mining activities (baseline), S2: initial re-vegetation, plant age < 1 year, S3 : medium re-vegetation, plant age 3 years, and S4: further re-vegetation, plant age > 5 years. Soil sample was collected from 0-20 and 20-40 cm soil depth in each treatment at three locations, then analyzed for soil physic and chemistry. Soil of Typic Hapludult on forest land without coal mining has a C-organic (1.87 %), N-total (0.14 %), available-P (31.40 ppm), exchangeable-K (0.11 me/100g), pH (3.98), CEC (10.72 me/100g) and base saturation (17 %). Opened coal mining has led the soil layer becomes exposed and a declining in soil quality drastically. Land closure with the top soil media has been quite able to improve soil properties in rehabilitation areas, but not suitable as media for plant growth, and highly susceptible for further degradation. Land rehabilitation and re-vegetation with fast growing and adaptive pioneer plants such as Sengon, Acacia, Sungkai, Melina, Angsana, Jarak and Legume Cover Crop (LCC) in the rehabilitation area of coal mining, gave significant effect on the increasing of C-organic, N-total and soil pH. Re-vegetation with fast growing species after 5-year-old has returned the soil chemical properties that are equivalent or even better than thier condition in moist tropical forests without open coal mining.

Keywords: land degradation, land rehabilitation, open mining, re-vegetation, tropical.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kekayaan berbagai macam deposit mineral tambang yang melimpah, seperti batubara, nikel, emas, boksit, besi dsb. Penambangan telah menjadi kontributor terbesar dalam pembangunan ekonomi Indonesia selama lebih dari 30 tahun (Manaf, 2009). Terdapat 833 kegiatan penambangan di Indonesia, dengan total luasan 36 juta ha, termasuk kegiatan di hutan alam seluas 0.9 juta ha, dengan cara menebang hutan dan menambang secara terbuka, sehingga berkontribusi besar terhadap degradasi hutan dan lahan di Indonesia. Laju rerata degradasi hutan pada tahun 2000-2005 adalah 1,08 juta ha/th, dan yang tertinggi adalah di Sumatera (1,35 juta ha/th) dan di Kalimantan (1,23 juta ha/th) sebagian besar disebabkan oleh kegiatan penambangan (Kementerian ESDM, 2008).

Penambangan batubara telah berkembang luas di Indonesia. Menurut Kementerian ESDM (2008), sumber tambang batubara total di Indonesia adalah 90.05 juta ton berlokasi di 15 propinsi. Deposit batubara utama di Indonesia adalah Sumatra Utara (54%), Kalimantan Timur (28%), Kalimantan Selatan (10%), Riau (2%), dan Kalimantan Tengah (1.4%). Adanya peningkatan kegiatan penambangan telah meningkatkan isu kerusakan lingkungan dan konsekuensi serius terhadap lingkungan lokal maupun global. Dampak penambangan yang paling serius dan luas adalah degradasi kualitas lahan, ketidak stabilan lahan, kontaminasi air, polusi udara, perubahan iklim, disamping perubahan topografi dan kondisi hidro-geologi (Bell and Donelly, 2006). Degradasi lahan ini dipercepat dengan ketidak tersediaannya penelitian, penangangan yang jelek dan kesalahan dalam rehabilitasi lahan di Kalimantan, terutama di tambang batubara. Dengan demikian, rehabilitasi lahan rusak yang disebabkan oleh penambangan batubara di Kalimantan sangat diperlukan untuk mengembalikan fungsi ekosistem aslinya.

Pertambangan batubara dengan metode pertambangan terbuka menyebabkan degradasi lahan, dengan terjadinya kerusakan sifat fisika dan kimia tanahnya. Untuk itu diperlukan suatu upaya agar tanah tidak semakin terdegradasi, dengan cara kegiatan revegetasi yang merupakan salah satu teknologi rehabilitasi lahan rusak yang diakibatkan aktivitas manusia (Singh dkk., 2002). Tujuan utama rehabilitasi lahan bekas tambang melalui

revegetasi adalah menciptakan percepatan suksesi penutupan lahan oleh vegetasi yang mapan (Rahmawaty, 2002). Efek katalis revegetasi ini diharapkan melalui perubahan kondisi di bawah tajuk (meningkatnya lengas tanah, mengurangi temperatur, dan lain-lain, meningkatkan struktur vegetasi menuju tingkat klimak, dan menghasilkan lapisan seresah organik dan humus pada tahun-tahun awal pertumbuhan tanaman. Revegetasi akan meningkatkan kecepatan perkembangan keragaman genetik dan biokimia pada lahan terdegradasi, sedangkan proses regenerasi alami pada lahan terdegradasi biasanya berlangsung sangat lambat (Singh dkk., 2002).

Kondisi tanah yang merupakan perpaduan sifat-sifat fisika, kimia dan biologi menjadi faktor yang menentukan keberhasilan revegetasi lahan paska penambangan, sedangkan fungsi tanah sendiri adalah sebagai reaktor lingkungan dan media tumbuh tanaman (Maas, 2002). Penelitian tentang pengaruh umur vegetasi terhadap sifat fisika dan kimia paska rehabilitasi penambangan tambang batubara di Kalimantan Timur sangat penting untuk mengetahui perbaikan kualitas media tumbuh dan pemapangan ekosistem tropika sehingga menjadi acuan dampak rehabilitasi biologis paska penambangan batubara di daerah tropika.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di areal PT. Berau Coal, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur, pada bulan November 2007 sampai dengan bulan Januari 2008, dengan 3 lokasi penambangan yaitu B: Blok di *Binungan Mine Operation*, L: Blok di *Lati Mine Operation*, dan S: Blok di *Sambarata Mine Operation*. Penutupan lahan paska penambangan dilakukan dengan menggunakan lapisan tanah yang dikumpulkan sebelum pengerukan tambang batubara.

Rancangan acak lengkap ber-blok digunakan dengan umur revegetasi sebagai perlakuan, dengan tiga kali ulangan dan tiga *site* sebagai blok. Pemilihan lokasi penelitian menggunakan metode *purposif sampling* yaitu pengambilan sampel yang didasarkan pada umur revegetasi dengan menggunakan tanaman cepat tumbuh, meliputi:

- S1 : Plot berupa area hutan sebelum ditambang (rona awal).
- S2 : Plot berupa disposal revegetasi awal, umur tanaman < 1 tahun.

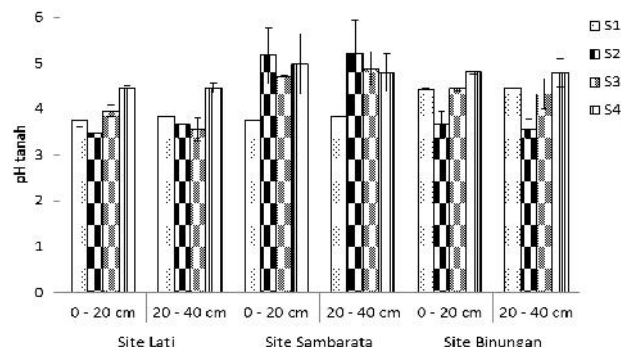
- c. S3 : Plot berupa disposal revegetasi menengah, umur tanaman 3 tahun.
- d. S4 : Plot berupa disposal revegetasi lanjut, umur tanaman > 5 tahun.

Pengambilan sampel tanah pada setiap perlakuan pada ketiga lokasi. Pengambilan sampel tanah terusik pada kedalaman 0 – 20 cm dan 20 – 40 cm dilakukan menggunakan metode komposit dari 10 sampel individu tanah yang mewakili satu hamparan homogen 10 – 15 ha. Pengambilan sampel tanah tidak terusik pada kedalaman 0 – 20 cm dan 20 – 40 cm menggunakan ring sampel pada tanah permukaan pada profil tanah dengan ukuran 1m x 1m x 1m terutama untuk pengujian sifat fisik tanah. Sampel tanah yang telah diambil dianalisis sifat fisik dan kimianya di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman.

Pengujian pengaruh revegetasi pada areal paska tambang terhadap sifat fisik dan kimia tanah dilakukan menggunakan analisis varian dengan taraf uji 5%. Apabila, hasil analisis yang menunjukkan perbedaan nyata dilanjutkan dengan uji LSD (*Least Significant Difference*) menggunakan program SPSS 15 for Windows.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai pH tanah permukaan di area revegetasi bekas tambang batubara PT Berau Coal adalah 3,5 - 5, menunjukkan sangat asam hingga asam (Gambar 1). Nilai ini konsisten dengan yang diperoleh Dick dkk. (2006) yang mengukur deposit batubara dan paska penambangan batubara pada kisaran pH rendah, 4 – 5. Nilai pH tanah hutan pada Site Lati dan, Sambarata berkisar 3,7; sedangkan pada site Binungan adalah 4,4, relatif sama untuk lapisan 0-20 maupun 20-40 cm. Dengan revegetasi yang semakin tua, maka pH tanah cenderung naik, ke arah netral. Bell and Donnelly (2006) menjelaskan bahwa penambangan terbuka telah menyebabkan udara mampu menembus permukaan area tambang yang lebih luas dan menyebabkan pergerakan air tanah mengalami oksidasi atmosferik yang menghasilkan kontaminasi air tanah. Kontaminasi ini mengakibatkan adanya konsentrasi pirit yang tinggi pada area penambangan sebagai sumber keasaman. Sejalan dengan itu, Dowarah dkk. (2009) menyebutkan bahwa penambangan menghasilkan keasaman tinggi (pH kurang dari 2)

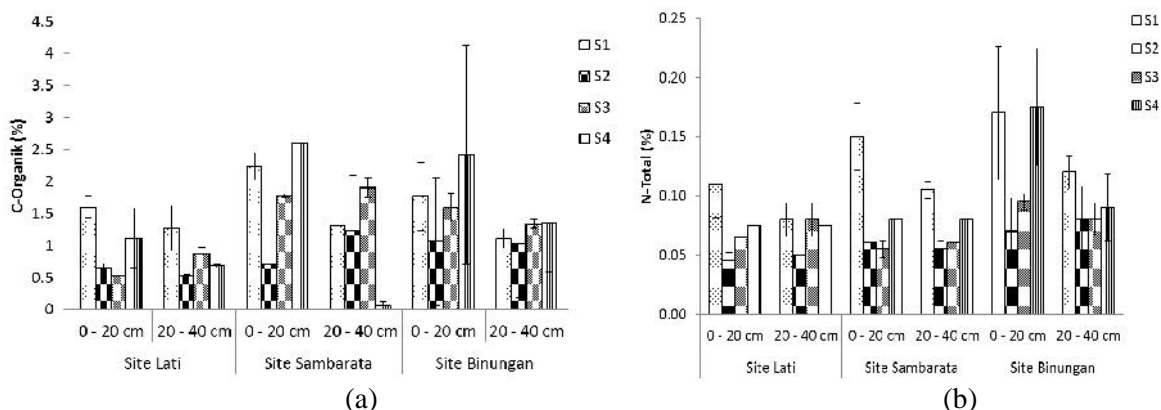


Gambar 1. Nilai pH pada berbagai tapak revegetasi dalam rehabilitasi lahan bekas tambang batubara di Kalimantan Timur.

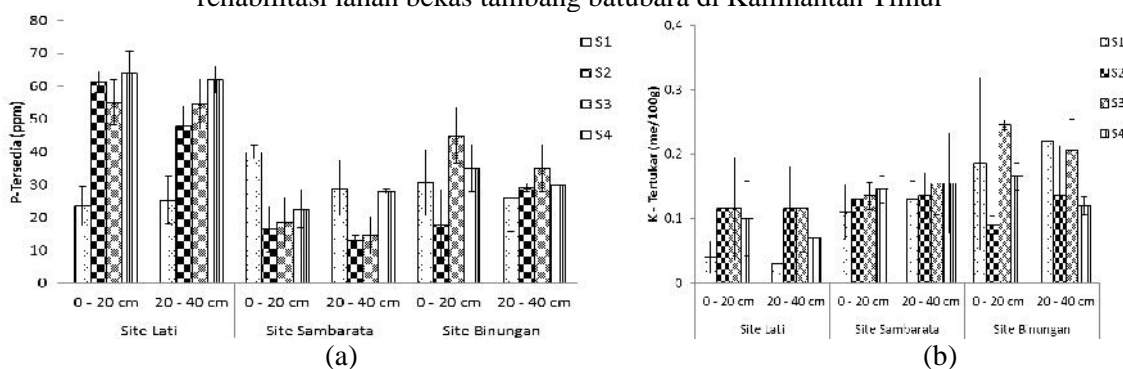
pada alam, karena adanya kandungan *pyretic sulphur* yang sangat besar.

Keasaman pada area tambang diperkirakan karena tambang batubara menyisakan asam tambang yang didominasi oleh sulfat serta diperkuat dengan curah hujan yang sangat besar dan jauh melebihi evapotranspirasi sehingga menyebabkan tanah tererosi dan terlindi berat. Pelindian tersebut akan mengangkut sejumlah garam-garam terlarut, hasil pelapukan dan sejumlah basa-basa. Akibatnya tanah permukaan menjadi asam bahkan jika proses pelindian berlangsung terus, hanya besi dan aluminium serta beberapa logam oksida yang tahan terhadap pelapukan, sehingga tanah dapat menjadi sangat masam. Tanah pada lapisan bawah biasanya mengandung sulfur, yang terekspos ke permukaan akan beraksi dengan air (H_2O) dan Oksigen (O_2), sehingga akan membentuk air asam yang jika mengendap dalam tanah juga akan menyebabkan tanah menjadi asam. Reaksi oksidasi ini, selain dapat menurunkan pH, juga meningkatkan kadar sulfur sehingga mampu meluruhkan dan membawa logam berat yang terkandung pada batuan yang dilalui oleh aliran air asam ini.

Untuk mengatasi keasaman tanah ini, salah satu cara mengatasinya ialah dengan menggunakan reduktan yang mampu mereduksi Sulfida. Bahan yang mengendapkan sulfida diantaranya Ca dan Na yang nantinya akan membentuk garam yang netral. Penggunaan campuran kapur pada pupuk kandang dan kompos yang ditambahkan pada lubang tanam ikut mempengaruhi pH tanah. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya nilai pH pada penelitian ini.



Gambar 2. Kandungan (a) C-organik dan (b) N-total tanah pada berbagai tapak revegetasi dalam rehabilitasi lahan bekas tambang batubara di Kalimantan Timur



Gambar 3. Kandungan (a) P-tersedia (ppm) dan (b) K-tertukar (me/100g) pada berbagai tapak rehabilitasi lahan bekas tambang batubara di Kalimantan Timur

Kadar C-organik pada lapisan 0-20 cm di hutan tropika basah berkisar pada 1,5% - 2,25% (Gambar 2), namun menurun drastis menjadi 1,11 - 1,31% pada lapisan di bawahnya. Kadar C pada lapisan atas juga juga menurun drastis menjadi 0,6 - 1,1% pada lahan rehabilitasi fisik berupa penimbunan tanah atasan di semua lahan. Program revegetasi menggunakan tanaman cepat tumbuh telah mengakibatkan kenaikan C-organik secara drastis dengan peningkatan umur revegetasi sampai umur 5 tahun, menjadi 2,5% di Binungan dan Sambarata, sedangkan kadar C-organik di Lati hanya naik menjadi 1% saja. Kadar C-organik pada semua perlakuan berada pada kisaran rendah sekali sampai sedang, karena pertambahan semakin memperparah kehilangan C-organik. Revegetasi telah dapat menyuplai C-organik yang hilang karena pertambangan.

Salah satu sumber C-organik pada area revegetasi berasal dari seresah vegetasinya, yang sangat tergantung pada jenis vegetasi penyusun. Produktivitas biomassa di wilayah tropika tergolong tertinggi di dunia, karena tingginya jumlah dan distribusi curah hujan, temperatur

udara, temperatur tanah, kelembaban udara, resim lengas tanah (Agus dkk., 2004).

Meskipun tanah tropika tergolong tua dan miskin hara, tetapi karena didukung oleh tingginya aktivitas mikroorganisme dan cepatnya siklus tertutup, maka pertumbuhan tumbuhan dan seluruh makhluk hidup di atasnya tergolong cepat (Agus, 2012). Tanpa siklus tertutup ini, nutrisi atau hara akan hilang dan pohon-pohon tidak mampu untuk melakukan regenerasi (Dutta dan Agrawal, 2002).

Kadar N-total tanah lapisan atasan pada hutan tropika basah yang belum ditambang adalah 0,11 - 0,17%, namun menurun drastis menjadi 0,08 - 0,12% pada lapisan di bawahnya. Penurunan drastis sampai separuhnya juga terjadi dengan adanya penambangan batubara yang telah dilakukan rehabilitasi fisik berupa penimbunan tanah lapisan atas, menjadi hanya sekitar 0,04%-0,07% (Gambar 2). Kadar N-total lapisan atas tanah pada site Binungan dapat meningkat drastis menjadi di atas 0,17% setelah dilakukan revegetasi selama 5 tahun, sehingga kadarnya setara dengan kondisi hutan sebelum penambangan batu bara. Kadar N-total pada Sambarata dan Lati hanya

meningkat sedikit dengan program revegetasi sampai umur 5 tahun, namun masih lebih rendah dibanding kondisi semula. Nitrogen semula berada di dalam bahan organik, selanjutnya terdekomposisi sehingga berubah menjadi nitrat dan amonium sehingga dapat dimanfaatkan tanaman (Agus, 2012). Selain itu keberadaan bakteri penambat N juga berperan dalam ketersediaan N dalam tanah. Agus dkk. (2004) menunjukkan bahwa kemampuan mineralisasi N dalam tanah adalah 3-5 kali lipat dibanding yang tersedia di dalam tanah. Sementara itu, penggunaan tanaman legum penutup tanah telah mampu menyuplai N sebanyak 9-27 kali lipat dibanding yang tersedia dalam tanah (Agus dkk., 2003). Kandungan N merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman di area revegetasi bekas tambang batubara di wilayah tropika.

Kadar P-tersedia berkisar 20 - 60 ppm (Gambar 3), tergolong cukup baik, karena menurut Standar Penilaian Kualitas Tanah ukuran normal untuk pertumbuhan tanaman adalah sebesar 20 – 40 mg fosfor / kg tanah. Diperkirakan revegetasi di lahan rehabilitasi dan revegetasi sangat berpengaruh terhadap ketersediaan fosfor dalam tanah terutama di *site* Lati, yang pada rona awalnya memiliki fosfor yang rendah (24 – 25 ppm) menjadi meningkat 2 – 3 kali lipat (55 – 64 ppm) setelah dilakukan rehabilitasi fisik dan revegetasi. Revegetasi umur lebih dari 5 tahun (S4) di semua *site* menunjukkan ketersediaan P yang meningkat pada kategori sedang. *Site* Lati menunjukkan ketersediaan P untuk S4 lebih tinggi dibanding *site* lainnya karena didominasi oleh vegetasi Akasia, sedangkan Binungan dan Sambarata didominasi oleh tanaman Sengon. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh ketersediaan fosfor akibat jenis vegetasi.

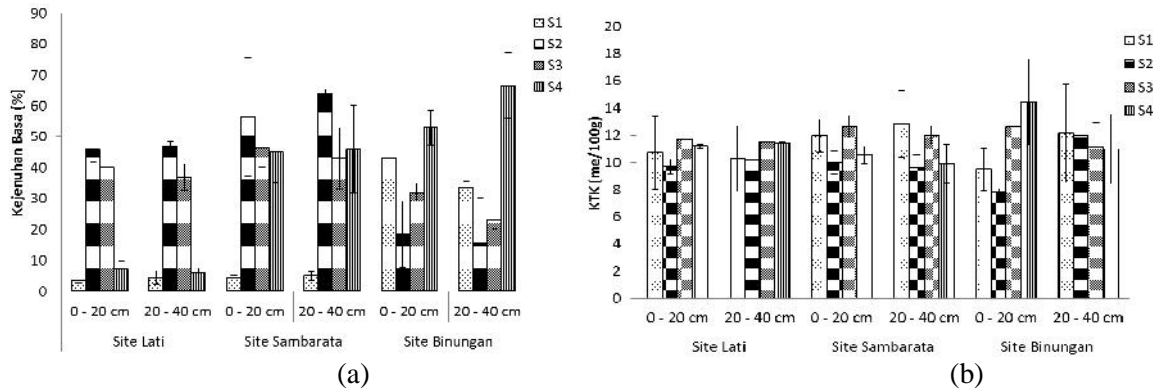
Kadar K-tertukar tanah pada tanah hutan *site* Lati relatif sangat rendah (0,03–0,04 me/100g), pada berbagai lapisan, dibanding *site* lainnya (0,11–0,22 me/100g), namun meningkat drastis (2 -3 x lipat) dengan adanya rehabilitasi tambang dan revegetasi (Gambar 3). *Site* Binungan menunjukkan kadar K-tertukar tertinggi dibanding *site* lainnya. Ketersediaan potasium pada hutan bekas tambang batubara diperkirakan dipengaruhi oleh sistem perakaran yang telah mapan serta laju perkolasi tanah, karena potasium sangat rentan terhadap perlindian. Kejenuhan basa yang ada di area hutan sebelum penambangan menunjukkan

status rendah sekali, yaitu berkisar 3,5–5% pada *site* Lati dan Sambarata, serta berkisar 33–43% (sedang) pada *site* Binungan (Gambar 4). Kandungan basa-basa yang dapat dipertukarkan hanya sedikit, sedangkan sisanya berupa Hidrogen, Sulfur, Besi dan Aluminium yang bersifat meracun bagi tanaman. Tanah *Typic Hapludult* yang tergolong tanah yang tua dan berkembang lanjut, maka unsur hara dan basa-basa yang dapat dimanfaatkan tanaman telah tercuci dari ekosistem tanah, sehingga yang tertinggal adalah unsur-unsur yang relatif resisten terhadap pelapukan, yang kadang bersifat meracun bagi pertumbuhan tanaman. Diperkirakan dengan adanya vegetasi yang bervariasi, kandungan bahan organik meningkat dan akan menyebabkan hara-hara yang ada dalam tanah meningkat juga.

Kapasitas tukar kation tanah berkisar 8–14 me/100g pada seluruh *site* dan lapisan, tergolong rendah (Gambar 4). Tanah-tanah yang diteliti memiliki kandungan lempung yang cukup tinggi namun tetap mempunyai nilai KTK yang rendah. Hal ini dikarenakan tanah-tanah yang ada merupakan jenis tanah tua (Ultisol) yang telah mengalami pencucian yang lama sehingga ketersediaan mineral dasarnya menipis. Nilai kapasitas tukar kation dari semua perlakuan menunjukkan bahwa mineral penyusun bahan induk tanahnya adalah lempung kaolinit (1:1), yang merupakan ciri mineral yang ditemukan pada tanah-tanah lanjut. Kapasitas tukar kation memiliki pengaruh pada keberhasilan revegetasi pada lahan bekas tambang. Dengan penambahan bahan organik maka nilai kapasitas tukar kation juga akan meningkat.

Tekstur tanah pada area revegetasi bekas pertambangan batubara di *site* Binungan, Lati dan Sambarata menunjukkan kandungan lempung yang tinggi (Tabel 1), sehingga memiliki kemampuan menyimpan air yang tinggi namun gaya olah tanah yang sulit. Lempung mempunyai muatan elektrik yang mampu mengikat kuat unsur hara tertentu pada permukaan mineralnya, sehingga tanah menjadi sukar menyediakan unsur hara bagi tanaman yang tumbuh di atasnya.

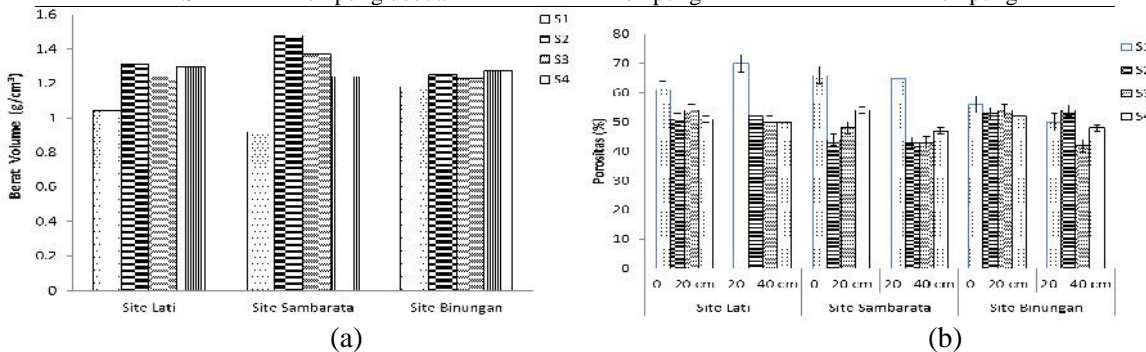
Revegetasi lanjut (tanaman dengan umur 5 tahun ke atas) di Binungan, Lati dan Sambarata belum dapat mempengaruhi tekstur tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat Buckman dan Brady (1982) bahwa tekstur tanah tidak dapat dirubah dan dipandang sebagai sifat dasar tanah. Proses



Gambar 4. Nilai (a) kejenuhan basa dan (b) Kapasitas Tukar Kation (KTK) pada berbagai tapak revegetasi dalam rehabilitasi lahan bekas tambang batubara di Kalimantan Timur

Tabel 1. Tekstur tanah pada berbagai tapak revegetasi dalam rehabilitasi lahan bekas tambang di Kalimantan Timur

No.	Perlakuan	Tekstur tanah		
		Binungan	Lati	Sambarata
1	S1	Geluh lempung	Geluh lempung pasiran	Geluh lempungan
2	S2	Lempung debu	Lempung pasiran	Lempung pasiran
3	S3	Lempung debu	Lempung	Lempung
4	S4	Lempung debu	Lempung	Lempung



Gambar 5. Grafik (a) berat volume tanah (lapisan 0-20 cm) dan (b) porositas tanah (lapisan 0-20 dan 20-40 cm) pada berbagai tapak revegetasi dalam rehabilitasi lahan bekas tambang batubara di Kalimantan Timur

pembentukan tanah secara alami belum dapat mengubah tekstur tanah selama satu generasi manusia. Tekstur lempung relatif tidak bisa berubah lagi, sehingga perlu menanam vegetasi adaptif yang mampu hidup pada tanah berlempung.

Porositas tanah berbanding terbalik dengan berat volume. Pederson dkk. dalam Dutta dan Agrawal (2002) mengemukakan bahwa material permukaan tanah paska tambang memiliki BV tinggi dan porositas yang rendah sehingga menyebabkan laju infiltrasi yang rendah. Berat volume dapat mencapai $1,4 \text{ g/cm}^3$ atau lebih pada tanah paska tambang yang padat sehingga perakaran tanaman tidak dapat berkembang dengan baik, dan pertumbuhan tanaman dapat

menurun. Berat volume tergolong rendah yaitu $1,23 \text{ g/cm}^3$ (Gambar 5), dan mempunyai nilai porositas tanah yang tinggi. Diperkirakan laju infiltrasi tidak terganggu di areal revegetasi bekas tambang batubara.

Agus (2012) merekomendasikan pemanfaatan lahan secara harmonis, menyeluruh (*holistic*) dan terpadu (*integrated*) serta berkelanjutan (*sustainable*) dengan IBFS (*Integrated Bio Farming System* / Sistem Pertanian Siklus-Bio Terpadu) untuk berbagai peruntukan, yaitu produksi biomassa (sektor pertanian), lingkungan hidup habitat biologi dan konservasi gen, ruang infra-stuktur, sumber daya alam, dan estetika dan budaya. Masing-masing anasir bentang lahan tidak boleh saling menonjolkan kepentingan sektoral

sendiri saja namun harus saling berkaitan dan mendukung secara harmonis. IBFS harus memberdayakan sumber daya lahan (tanah dan air), hayati (hewan dan tumbuhan) dan lingkungan sebagai pemasok utama sandang, pangan, papan, air, oksigen dan energi bagi kehidupan dan lingkungan hidup yang berkelanjutan, dalam satu kesatuan *landscape ecological management*, secara horizontal maupun vertikal (Agus, 2012).

KESIMPULAN

Tanah Typic Hapludult pada lahan hutan tropika basah sebelum ditambang batubara secara terbuka, mempunyai kadar C-organik (1,87 %), N-total (0,14 %), P-tersedia (31,40 ppm), K-tertukar (0,11 me/100g), pH (3,98), KTK (10,72 me/100g) dan kejenuhan basa (17 %). Penambangan terbuka batubara telah menyebabkan lapisan bawah dan permukaan tanah menjadi terbongkar dan terjadi penurunan kualitas tanah yang sangat drastis. Penimbunan lahan dengan media tanah permukaan sebelumnya, telah cukup mampu memperbaiki sifat-sifat tanah tertambang namun belum sesuai sebagai media pertumbuhan, serta sangat rentan terhadap degradasi lahan lebih lanjut.

Revegetasi menggunakan tanaman pionir, cepat tumbuh dan adaptif seperti Sengon, Akasia, Sungkai, Melina, Angsana, Jarak serta *Legume Cover Crop* (LCC) pada area bekas tambang batubara memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan kandungan C-organik, N-total dan pH tanah lahan bekas tambang batubara, menjadi mendekati bahkan lebih baik dibanding dengan rona awal yang berupa hutan tropika basah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada DP2M Ditjen Pendidikan Tinggi Kemendikbud RI, PT Berau Coal, dan LPPM UGM yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian dan publikasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, C., Karyanto, O., Hardiwinoto, S., Haibara, K., Kita, S. dan Toda, H. 2003. Legume Cover Crop As a Soil Amendment in Short

Rotation Plantation of Tropical Forest. *J. For. Env.* 45(1):13-19.

Agus, C., Karyanto, O., Kita, S., Haibara, K., Toda, H., Hardiwinoto, S., Supriyo, H., Na'iem, M., Wardana, W., Sipayung, M., Khomsatun dan Wijoyo, S. 2004. Sustainable Site Productivity and Nutrient Management in a Short Rotation Gmelina Arborea Plantation in East Kalimantan, Indonesia. *New Forest J.* 28:277-285.

Agus, C. 2012. Pengelolaan Bahan Organik: Peran Dalam Kehidupan dan Lingkungan. KP4 dan BPFE UGM. Yogyakarta. 312 h.

Bell FG, dan Donnelly LJ. 2006. Mining and Its Impact on The Environment. Taylor & Francis. London.

Buckman, H. O. dan N. C. Brady. 1982. *The Natural and Properties of Soils*. The MacMillan Company. New York.

Dick DP, Knicker H, Avila LG, Inda Jr, AV, Giasson E, dan Bissani CA. 2006. Organic Matter in Constructed Soils from A Coal Mining Area in Southern Brazil. *Org. Geochem.* 37: 1537 – 1545.

Dowarah J, Boruah HPD, Gogoi J, Pathak N, Saikia N, dan Handique AK. 2009. Eco-restoration of A High-Sulphur Coal Mine Overburden Dumping Site in Northeast India. *J. Earth Syst. Sci.* 118:597–608.

Dutta, R. K. dan Agrawal, M. 2002. Effect of Tree Plantation on The Soils Characteristic and Microbial Activity of Coal Mine Spoil Land. *International Society for Tropical Ecology. Tropical Ecol.* 43(2):315-324.

Kementerian ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral). 2008. Pusat Data dan Informasi Sumber Daya Energy dan Mineral. <http://www.esdm.go.id/> (diakses 5 Des 2012).

Maas, A. 2002. *Evaluasi Kerusakan Lahan dan Teknologi Pengelolaan Lingkungan Fisik Pasca Tambang*. BPPT. Jakarta.

Manaf MH. 2009. Dampak Lingkungan terhadap Penambangan Kecil di Indonesia. www.gemeed.cl (diakses 5 Des 2012).

Rahmawaty. 2002. *Restorasi Lahan Bekas Tambang Berdasarkan Kaidah Ekologi*. USU digital library. www.library.usu.ac.id/download/fp/hutan-rahmawaty5.pdf

Singh, A. N., A. S. Raghubanshi and J. S. Singh. 2002. Plantation as a Tool for Mine Spoil Restoration. *Current Sci.* 82(12):1436-1441.